УДК 004.89:004.93

К.В. Мурыгин
Институт проблем искусственного интеллекта МОН и НАН Украины, Украина
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118-б

Концепция системы автоматического распознавания номерных знаков автомобилей

K.V. Murygin
Institute of Artificial Intelligence Problems (IAIP), Ukraine
Ukraine, 83048, c. Donetsk, Artema st., 118-b

Concept of Car Plate Recognition System

К.В. Муригін
Інститут проблем штучного інтелекту, Україна
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема, 118-б

Концепція системи автоматичного розпізнавання номерних знаків автомобілів

В статье представлена концепция системы автоматического распознавания номерных знаков автотранспортных средств. Выделены основные этапы построения и функционирования автоматической системы распознавания номеров, которые являются отдельными взаимосвязанными подзадачами, допускающими самостоятельное рассмотрение. Рассмотрены особенности задач на каждом этапе и возможные пути их решения. Отдельное внимание уделено критериям оценки качества систем распознавания автомобильных номеров, которые во многом определяют используемые подходы в процессе разработки системы.
Ключевые слова: распознавание номерных знаков, анализ изображений.

In article the concept of system of automatic recognition of car licensed plates is presented. The main stages of construction and functioning of automatic recognition system which are the separate interconnected subtasks allowing independent consideration are defined. Features of tasks at each stage and possible ways of their decision are considered. The separate attention is given to criteria of car plate recognition systems quality which in many respects define used approaches in the course of system development.
Key words: Car plate recognition, image analysis.

У статті представлена концепція системи автоматичного розпізнавання номерних знаків автотранспортних засобів. Виділено основні етапи побудови й функціонування автоматичної системи розпізнавання номерів, які є окремими взаємозалежними задачами, що допускають самостійний розгляд. Розглянуто особливості завдань на кожному етапі й можливі шляхи їхнього вирішення. Окрема увага приділена критеріям оцінки якості систем розпізнавання автомобільних номерів, які багато в чому визначають використовувані підходи в процесі розробки системи.
Ключові слова: розпізнавання номерних знаків, аналіз зображень.

Введение

Автоматическое распознавание номерных знаков автотранспортных средств является достаточно актуальной и практически важной проблемой [1]. На данный момент есть множество прикладных систем, решающих эту задачу, принципы работы которых не раскрываются из коммерческих соображений.

Системы распознавания номерных знаков являются комплексными системами, состоящими из нескольких этапов обработки входных данных. На каждом этапе выполняется специфическая обработка с применением методов, различных у разных систем. Закрытость используемых в существующих системах технологий затрудняет

анализ применяемых подходов с точки зрения выявления их наилучшей комбинации. Не смотря на специфические особенности решения каждой подзадачи в системе распознавания номерных знаков, их совокупность и последовательность их использования имеют общие черты и могут использоваться как в рамках определенной концепции решения общей задачи, так и многих смежных задач, например, распознавания номеров железнодорожных вагонов или контейнеров.

Целью данной работы является описание общей концепции построения системы распознавания номерных знаков, в рамках которой делается декомпозиция общей задачи на этапы и предлагаются пути их решения.

Особенности получения входных данных для распознавания номеров

На вход систем распознавания автомобильных номеров подаются изображения, полученные в ходе видеосъемки в некоторой выделенной области наблюдения. Многие проблемы и сложности проектирования систем распознавания могут быть устранены уже на этапе установки определенной системы получения видеоизображений. Так, выбор видеокамеры определяет многие важные параметры входных изображений, которые в значительной степени влияют на качество распознавания номеров. Так, светочувствительность влияет на яркость и контрастность входных изображений, особенно в условиях недостаточного освещения. Скорость затвора или время получения изображения влияет на степень его смазанности или размытости, так как автоматическое считывание номеров часто осуществляется для движущихся транспортных средств, причем скорость движения может быть достаточно высокой, до 200 км/ч. Использование инфракрасной подсветки и, соответственно, камер, чувствительных в инфракрасном диапазоне, является, пожалуй, единственным способом получения изображений достаточного качества для распознавания в ночных условиях, когда камеру «ослепляет» свет фар автомобиля.

Специальная установка камеры позволяет получать изображения, на которых таблички номерных знаков имеют определенную фиксированную форму с небольшими отклонениями, что существенно сужает возможный разброс в геометрии входных изображений номеров и соответственно упрощает их последующее распознавание. Часто можно компенсировать геометрические искажения изображений номеров из-за ракурса съемки программным путем, зная параметры установки камеры и параметры движения транспортного потока в конкретных условиях наблюдения.

Важным параметром входных данных для систем распознавания номеров является размер изображения номера. На практике различные системы используют различные требования к минимальному значению этого параметра, от 100 до 150 пикселей по горизонтали. При низком пространственном разрешении изображения номерного знака качество работы системы распознавания может существенно уменьшаться. Следует также отметить, что от требований к минимальному размеру изображения номерного знака во многом зависят подходы к его обнаружению и распознаванию, а, следовательно, скорость и качество распознавания.

Этапы обработки входной информации при распознавании номеров

Процесс распознавания автомобильных номеров можно разделить на несколько самостоятельных этапов последовательной обработки входных данных, приведенных на рис. 1.



Рисунок 1 – Схема обработки входных данных при распознавании номерных знаков

Несмотря на последовательный характер обработки входных данных для ускорения расчетов на каждом этапе можно применить параллельную обработку. Так, при обнаружении номерных знаков можно параллельно обрабатывать отдельные части изображения, при выполнении нормализации, сегментации и распознавания можно параллельно выполнять расчет для каждого найденного номера, при распознавании – параллельно проводить распознавание каждого символа.

Рассмотрим каждый из приведенных на схеме рис. 1 этапов более подробно.

Нормализация входного изображения предполагает подготовку входных данных для подачи на вход алгоритму распознавания. При этом выполняется корректировка входного изображения для удовлетворения требований блока распознавания. При нормализации входного изображения можно выполнить компенсацию перспективных искажений изображения номерного знака, полученного в конкретных условиях наблюдения, как показано на рис. 2.

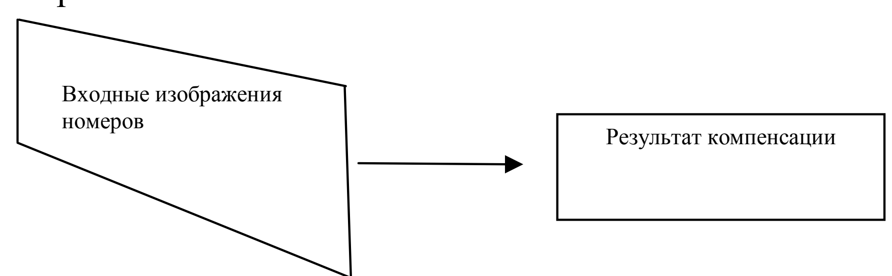


Рисунок 2 – Компенсация перспективных искажений изображений номерных знаков

Для конкретных условий установки камеры наблюдения вид компенсационного преобразования перспективы будет фиксированным, а алгоритм компенсации можно рассматривать как настройку системы распознавания для использования в конкретных условиях. Кроме геометрической нормализации входных изображений на рассматриваемом этапе может быть проведена яркостная нормализация, в ходе которой может быть расширен яркостный диапазон входного изображения и улучшено его качество для упрощения последующей обработки, а также проведены специфические яркостные преобразования, подготавливающие входное изображение с учетом особенностей дальнейшей обработки.

Обнаружение номерных знаков на изображении предполагает локализацию положения номерного знака на изображении или принятие решения о его отсутствии. В последнем случае никакие последующие действия не выполняются. В случае обнаружения одного и более номерных знаков на изображении, для каждого из них выполняются все последующие этапы обработки.

Обнаружение номерного знака может быть выполнено на основе разработки бинарного классификатора номер / фон и его применения в ходе мультимасштабного сканирования изображения [1]. В этом случае задача обнаружения является достаточно вычислительно сложной из-за большого количества разномасштабных областей кандидатов. Ускорить процесс обнаружения в рамках такого подхода удается за счет использования при классификации номер / фон вычислительно простых свойств и применения каскада классификаторов, разработанного таким образом, чтобы исключить из дальнейшего рассмотрения большинство кандидатов уже на начальных, наиболее простых, классификаторах каскада. В качестве вычислительно простых свойств возможно использование прямоугольных свойств, допускающих значительное сокращение объемов вычислений за счет предварительного расчета интегрального изображения [2]. Для получения каскада классификаторов возможно использование алгоритма AdaBoost [3] и алгоритма обучения дерева решений [4], или любого другого алгоритма классификации, допускающего минимизацию ошибки ложной тревоги при заданном ограничении на ошибку пропуска цели. Использование этого подхода предполагает наличие обширной базы изображений номерных знаков, которая должна в частности содержать все типы номерных знаков, с которыми должна работать система.

При достаточном пространственном разрешении входных изображений для обнаружения номерных знаков возможно использование структурного подхода, основанного на поиске рамки номера, представляющей собой четырехугольник с определенными характеристиками. В этом случае можно априорно не ориентироваться на определенные типы номеров и не проводить мультимасштабное сканирование, что существенно уменьшит вычислительную сложность процесса обнаружения. Сложностью реализации такого подхода является возможность отсутствия или искаженности на изображении отдельных структурных элементов номера, что будет приводить к ошибке пропуска.

Для любого из приведенных подходов можно сократить время обнаружения за счет сужения области поиска путем указания областей изображения, в которых возможно и невозможно присутствие номерного знака.

Нормализация изображения номера необходима в случае, когда не выполняется этап нормализации входного изображения или его результат может иметь разброс, отрицательно влияющий на работу системы распознавания. Под нормализацией здесь понимается приведение изображения уже найденного номерного знака к стандартному виду, удобному для сегментации символов и распознавания. В качестве возможных задач нормализации в данном случае можно выделить расположение символов номера на одной горизонтальной линии, устранение искажений, связанных с наклоном символов. Решение первой задачи может быть выполнено на основе преобразования Хафа для локализации линий рамки номера, второй – на основе максимизации дисперсии вертикальной интегральной проекции изображения номерного знака [5]. Кроме этого, на данном этапе целесообразно провести яркостные преобразования изображения номерного знака, компенсирующие его частичное затенение и устраняющие шумы [6]. Сегментация символов предполагает выделение из изображения номера изображений отдельных символов. При решении этой задачи удобно воспользоваться тем фактом, что символы представляют собой связные объекты определенной яркости на однородном фоне. Для выделения межсимвольных участков можно использовать вертикальную и горизонтальную интегральные проекции изображения номерного знака,

что позволит сегментировать символы, не имея априорной информации об их количестве и порядке расположения. Другим подходом к сегментации символов является использование заранее заданных моделей расположения символов и их подгонка под конкретное изображение с целью максимизации выбранного критерия соответствия [5], [6]. Последний подход требует ограничения типового состава номеров, но вместе с этим позволяет на этапе сегментации определить тип номерного знака, а, следовательно, знать принадлежность каждого символа к определенному алфавиту, например, буквам или цифрам.

Распознавание символов автомобильного номера заключается в определении класса для каждого сегментированного на предыдущем этапе изображения символа. Для решения этой задачи используется широкое разнообразие методов распознавания образов: сопоставление с эталоном [7], [8], применение деревьев решений [9], нейросетевые подходы, структурные подходы и т.д. Особенностью данного этапа является необходимость учета широких вариаций в изображениях символов одного класса. Связано это как с изменчивостью входных данных, так и с результатами работы предыдущих этапов, которые могут вносить свои специфические искажения во входные данные для алгоритма распознавания символов.

Этап проверки корректности и корректировки полученных результатов заключается в использовании априорных знаний о распознаваемых номерных знаках и данных о предыдущих результатах распознавания для увеличения качества работы системы. В частности здесь могут быть использованы данные о возможности или невозможности существования как номера распознанной комбинации символов. В случае необходимости распознавания номеров из определенного ограниченного словаря, например, номера транспортных средств отдельной автобазы или предприятия, результаты распознавания могут быть улучшены путем выбора наиболее похожего номерного знака из списка. В случае, когда в процессе анализа видео, один номерной знак распознается на серии последовательных изображений, результат распознавания может быть улучшен за счет совмещения результатов распознавания по всем имеющимся кадрам.

Тестирование систем распознавания номеров

При разработке системы распознавания номерных знаков важно понимать, каким показателям качества она должна удовлетворять. На сегодняшний день выработаны определенные стандарты тестирования систем распознавания с использованием многокритериального показателя качества [10], [11]. Случаи некорректного распознавания классифицируются как:

– ошибочное узнавание, т.е. все неправильно распознанные номера, которые могут существовать и присутствовать в базах данных, в т.ч. такие номера, где распознаны несуществующие на данный момент коды регионов, поскольку они могут в будущем появиться;

– ошибки, т.е. все неправильно распознанные номера (фрагменты номеров или целые номера с добавленными символами, со знаками сомнения или без), которые не могут существовать и присутствовать в базах данных);

– ложные распознавания, т.е. номера, которые были распознаны там, где их нет (решетки радиатора, надписи на проезжающем транспорте, блики на дороге и т.д.).

На основе этой классификации для тестирования систем распознавания наиболее часто используются следующие критерии:

– вероятность безусловного распознавания – вероятность полного совпадения цифробуквенной последовательности распознанного системой номера с номером из эталонного протокола, когда ему соответствует только один номер журнала системы;

– вероятность условного распознавания – вероятность полного совпадения цифробуквенной последовательности распознанного системой номера с номером из эталонного протокола, когда ему соответствует хотя бы один номер журнала системы, при этом допускается несколько отличающихся версий номера;

– вероятность ошибочного узнавания – несовпадение цифробуквенной последовательности распознанного системой номера с номером из эталонного протокола, при этом распознанный номер может существовать и присутствовать в базах данных. В это число включаются один или несколько распознанных номеров из журнала системы, отличающиеся от соответствующего номера из эталонного протокола хотя бы одним символом. К числу ошибок относятся неправильно распознанные символы, отсутствующие на нужном знакоместе символы, лишние символы;

– вероятность ошибки – несовпадение цифробуквенной последовательности распознанного системой номера с номером из эталонного протокола, при этом распознанный номер не может существовать и присутствовать в базах данных. В это число включаются один или несколько распознанных номеров из журнала системы, отличающиеся от соответствующего номера из эталонного протокола хотя бы одним символом. К числу ошибок относятся неправильно распознанные символы, отсутствующие на нужном знакоместе символы, лишние символы;

– вероятность пропуска – вероятность отсутствия распознанного номера в журнале системы при наличии номера или отметки об автомобиле без номера в эталонном протоколе, т.е. пропущенный системой автомобиль;

– вероятность ложного распознавания – вероятность наличия распознанного номера в журнале системы при отсутствии номера или отметки об автомобиле без номера в эталонном протоколе, т.е. запись в журнале системы распознавания, не относящаяся к номерам автомобилей.

Кроме применения описанных критериев качества часто также разделяют результаты тестирования в светлое и темное время суток, так как показатели результативности могут для этих случаев существенно отличаться.

Выводы

В статье рассматривается концепция системы распознавания номерных знаков автотранспортных средств, включающая следующие этапы обработки входных данных: нормализация входного изображения, обнаружение номерных знаков, нормализация изображения номера, сегментация символов, распознавание символов, проверка корректности и корректировка полученных результатов. Рассмотрены особенности задач на отдельных этапах работы системы распознавания и возможные методы их решения. Приведены используемые на сегодняшний день показатели сравнения эффективности систем распознавания номеров.

Литература

1. Мурыгин К.В. Обнаружение автомобильных номеров на основе смешанного каскада классификаторов / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2010. – № 2. – С. 147-152.
2. Мурыгин К.В. Особенности реализации алгоритма AdaBoost для обнаружения объектов на изображениях / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2009. – № 3. – С. 573-581.
3. Schapire R.E. Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions / R.E. Schapire, Y. Singer // In Proceedings of Machine Learning. – 1999. – С. 297-336.
4. Мурыгин К.В. Комбинирование бинарных свойств в виде МКВ-классификатора / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2010. – № 1. – С. 108-113.
5. Мурыгин К.В. Нормализация изображения автомобильного номера и сегментация символов для последующего распознавания / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 364-369.
6. Мурыгин К.В. Сегментация символов автомобильного номерного знака с учетом изменений ракурса съемки и затенения изображений / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2012. - № 1. – С. 97-102.

7. Мурыгин К.В. Оптимизация шаблонов изображений символов методом векторного приближения в задаче распознавания автомобильных номеров / К.В. Мурыгин, А.В. Дьяченко // Искусственный интеллект. – 2010. – № 4. – С. 195-200.
8. Мурыгин К.В. Получение шаблонов для распознавания символов автомобильного номера на основе взвешивания обучающего набора / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2011. – № 2. – С. 164-170.
9. Мурыгин К.В. Применение МКВ-классификатора для распознавания символов автомобильных номеров / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2011. – № 4. – С. 203-206.
10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.recognize.ru/test.
11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.iss.ru/company/publicity/news/2072.

Literatura

1. Murygin K.V. Obnarujenie avtomobilnyh nomerov na osnove smeshannogo kaskada klassifikatorov / Murygin K.V. // Iskusstvennyj intellect. 2010. – № 2. – S. 147-152.
2. Murygin K.V. Osobennosti realizacii algoritma AdaBoost dlja obnarugenija objectov na izobragenijah / Murygin K.V. // Iskusstvennyj intellect. 2009. – № 3. – S. 573-581.
3. Schapire R.E., Singer Y. Improved Boosting Algorithms Using Confidence-rated Predictions // In Proceedings of Machine Learning. 1999. – C. 297-336.
4. Murygin K.V. Combinirovanie binarnih svojstv v vide MKV-klassificatora / Murygin K.V. // Iskusstvennyj intellect. 2010. – № 1. – S. 108-113.
5. Murygin K.V. Normalizacija isobragenija avtomobilnogo nomera I segmentacija simvolov dlja posledujuschego raspoznavanija / K.V. Murygin // Iskusstvennyj intellect. – 2010. – № 3. – S. 364-369.
6. Murygin K.V. Segmentatsija simvolov avtomobilnogo nomernogo znaka s uchetom izmenenij rakursa sjomki i zatenenija izobrajenij / K.V. Murygin // Iskusstvennyj intellect. – 2012. – № 1. – S. 97-102.
7. Murygin K.V. Optimizacija shablonov isobrajenij simvolov metodom vectornogo pribligenija v zadache raspoznavanija avtomobilnyh nomerov / K.V. Murygin, A.V. Djachenko // Iskusstvennyj intellect. 2010. – № 4. – S. 195-200.
8. Murygin K.V. Poluchenie shablonov dlja raspoznavanija simvolov avtomobilnogo nomera na osnove vzveshennogo obuchauschego nabora / Murygin K.V. // Iskusstvennyj intellect. 2011. - No.2. - S. 164-170.
9. Murygin K.V. Prmenenie MKV-klassifikatora dlja raspoznavanija simvolov avtomobilnogo nomera / Murygin K.V. // Iskusstvennyj intellect. 2011. – № 4. – S. 203-206.
10. http://www.recognize.ru/test.
11. http://www.iss.ru/company/publicity/news/2072.

RESUME

K.V. Murygin

Concept of Car Plate Recognition System

The conception of the recognition system of license plates of vehicles that includes the steps of processing the input data: normalization of the input image, the detection of license plate, the normalization of the image number, segmentation of characters, character recognition, validation and adjustment of the results, are considered. The proposed decomposition is not hard-coded and can generally estimate the range of tasks in the development of car plate recognition system. Despite the consistency of the input data processing to speed up the calculations at each stage can be used for parallel processing. Since detection of license plates can simultaneously handle individual parts of the image, when performing normalization, segmentation and recognition can simultaneously perform the calculation once for each plate, with the recognition – to twin-OCR. The features of an input data for the plate recognition systems are considered. The following main characteristics of and conditions for image acquisition that affect the quality of recognition: sensitivity, sensitivity in the infrared (for night shooting), the shutter speed, the ability to obtain the spatial resolution of the plate images over 100 pixels horizontally. Features of tasks at separate stages of recognition system functioning of and possible methods of their decision are considered. Indicators of comparison of efficiency of car plate recognition systems used today are given.

Статья поступила в редакцию 29.08.2012.